

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-201174

(43)Date of publication of application : 15.07.2003

(51)Int.Cl.

C04B 35/49  
H01L 41/083  
H01L 41/187

(21)Application number : 2002-091697

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 28.03.2002

(72)Inventor : TANAKA TOMOYA  
TOKASHIKI RYOJI  
SAKAKI CHIHARU  
KIMURA MASANORI

(30)Priority

Priority number : 2001337598 Priority date : 02.11.2001 Priority country : JP

**(54) MULTILAYER TYPE PIEZOELECTRIC CERAMIC ELEMENT AND MULTILAYER TYPE  
PIEZOELECTRIC ELECTRONIC PART OBTAINED BY USING THE SAME**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multilayer type piezoelectric ceramic element in which the change of a mechanical quality coefficient  $Q_m$  can be suppressed even if there is a difference in multilayer structure.

SOLUTION: The piezoelectric ceramic used for a piezoelectric ceramic element having an internal electrode layer has a Perovskite type crystal structure, and consists of the elements of Pb, Zr and Ti, a Cr element, at least one kind of element selected from Na, K, Ca, Ba, Sr, La, Nd, Bi, Co, Ni, Mg, Cr, Sn, Nb, Sb, Ta and W, and elements contained as inevitable impurities. When the deviation of an electric charge to the equilibrium of the piezoelectric ceramic is defined as  $Z_{gr} = [(A_3 - A_1) + \{(2 \times B_6) + B_5 - B_3 - (2 \times B_2)\}] \times e$  (C) (to the total number 1 of the elements in the B site, A1 is the molar ratio of the univalent elements in the A site; A3 is the molar ratio of the trivalent elements in the A site; B2 is the molar ratio of the bivalent elements in the B site; B3 is the molar ratios of the trivalent elements in the B site; B5 is the molar ratio of pentavalent elements in the B site; and B6 is the molar ratio of the hexavalent elements in the B site),  $0.017 \leq Z_{gr}/e \leq 0.028$  is satisfied in the case Cr is contained, and  $0.008 \leq Z_{gr}/e \leq 0.017$  is satisfied in the case Co, Ni, and Mg are contained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-201174

(P2003-201174A)

(43) 公開日 平成15年7月15日 (2003.7.15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
C 0 4 B 35/49		C 0 4 B 35/49	A 4 G 0 3 1
H 0 1 L 41/083		H 0 1 L 41/08	S
41/187		41/18	1 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002-91697 (P2002-91697)	(71) 出願人	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号
(22) 出願日	平成14年3月28日 (2002.3.28)	(72) 発明者	田中 知也 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式 会社村田製作所内
(31) 優先権主張番号	特願2001-337598 (P2001-337598)	(72) 発明者	渡嘉敷 稔之 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式 会社村田製作所内
(32) 優先日	平成13年11月2日 (2001.11.2)	(72) 発明者	結 千春 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式 会社村田製作所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層型圧電体セラミック素子およびそれを用いた積層型圧電体電子部品

(57) 【要約】

0.17とする。

【課題】 積層構造に違いがあっても、機械的品質係数  $Q_m$  の変化を抑制できる積層型圧電体セラミック素子を提供する。

【解決手段】 内部電極層を有する圧電体セラミック素子に用いる圧電体セラミックが、ペロブスカイト型結晶構造を有し、かつ Pb, Zr, および Ti の元素と、Cr 元素と、Na, K, Ca, Ba, Sr, La, Nd, Bi, Co, Ni, Mg, Cr, Sn, Nb, Sb, Ta, W から選ばれる少なくとも1種の元素と、不可避不純物として含まれる元素とで構成され、この圧電体セラミックの平衡状態に対する電荷のずれを  $\xi = [(A_1 - A_2) + \{(2 \times B_2) + B_3 - B_4 - (2 \times B_5)\}] \times e (C)$  (B サイト元素の総数1に対し、 $A_1$ : A サイトの1価元素モル比、 $A_2$ : A サイトの3価元素モル比、 $B_2$ : B サイトの2価元素モル比、 $B_3$ : B サイトの3価元素モル比、 $B_4$ : B サイトの5価元素モル比、 $B_5$ : B サイトの6価元素モル比) と定義したとき、Cr を含む場合は  $0.017 \leq \xi / e \leq 0.028$ 、Co, Ni, Mg を含む場合は  $0.008 \leq \xi / e \leq 0$ 。

(2)

特開2003-201174

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体セラミック層と、内部電極層とが積層されてなる積層型圧電体セラミック素子であって、前記圧電体セラミック層が、 $ABO_3$ で表されるペロブスカイト型結晶構造を有し、かつAサイトに含有されるPb元素と、

Bサイトに含有されるZr元素およびTi元素と、

Bサイトに含有される3価元素としてのCr元素と、

Aサイトの1価元素としてのNa、Kのうち少なくとも1種、Aサイトの2価元素としてのCa、Ba、Srの

うち少なくとも1種、Aサイトの3価元素としてのL

a、Nd、Biのうち少なくとも1種、Bサイトの4価

元素としてのSn、Bサイトの5価元素としてのNb、

Sb、Taのうち少なくとも1種、およびBサイトの6

価元素としてのW、から選ばれた少なくとも1種の元素

と、を含有する圧電体セラミックからなり、

前記圧電体セラミックにおいて、Aサイトを2価、Bサ

イトを4価としたときの平衡状態に対する電荷のずれを

$\xi = \{ (A_2 - A_1) + \{ (2 \times B_4) + B_5 - B_6 \} \} \times$

$e \text{ (C)}$

ただし、Bサイト元素の総数を1としたとき

$A_1$ : 前記Aサイトの1価元素の総モル比

$A_2$ : 前記Aサイトの3価元素の総モル比

$B_4$ : 前記Bサイトの4価元素の総モル比

$B_5$ : 前記Bサイトの5価元素の総モル比

$B_6$ : 前記Bサイトの6価元素の総モル比

$e$ : 素電荷 ( $1.60 \times 10^{-19} \text{ (C)}$ )

と定義したとき、 $\xi/e$ が、

$0.017 \leq \xi/e \leq 0.028$

であることを特徴とする積層型圧電体セラミック素子。

【請求項2】 前記 $\xi/e$ が、

$0.021 \leq \xi/e \leq 0.028$

であることを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電体

セラミック素子。

【請求項3】 圧電体セラミック層と、内部電極層とが

積層されてなる積層型圧電体セラミック素子であって、

前記圧電体セラミック層が、 $ABO_3$ で表されるペロブ

スカイト型結晶構造を有し、かつAサイトに含有される

Pb元素と、

Bサイトに含有されるZr元素およびTi元素と、

Bサイトに含有される2価元素としてのCo、Ni、M

gのうち少なくとも1種の元素と、

Aサイトの1価元素としてのNa、Kのうち少なくとも

1種、Aサイトの2価元素としてのCa、Ba、Srの

うち少なくとも1種、Aサイトの3価元素としてのL

a、Nd、Biのうち少なくとも1種、Bサイトの4価

元素としてのSn、Bサイトの5価元素としてのNb、

Sb、Taのうち少なくとも1種、およびBサイトの6

価元素としてのW、から選ばれた少なくとも1種の元素

と、を含有する圧電体セラミックからなり、

2

前記圧電体セラミックにおいて、Aサイトを2価、Bサ  
イトを4価としたときの平衡状態に対する電荷のずれを

$\xi = \{ (A_2 - A_1) + \{ (2 \times B_4) + B_5 - (2 \times B_6) \} \} \times e \text{ (C)}$

ただし、Bサイト元素の総数を1としたとき

$A_1$ : 前記Aサイトの1価元素の総モル比

$A_2$ : 前記Aサイトの3価元素の総モル比

$B_4$ : 前記Bサイトの4価元素の総モル比

$B_5$ : 前記Bサイトの5価元素の総モル比

$B_6$ : 前記Bサイトの6価元素の総モル比

$e$ : 素電荷 ( $1.60 \times 10^{-19} \text{ (C)}$ )

と定義したとき、 $\xi/e$ が、

$0.008 \leq \xi/e \leq 0.017$

であることを特徴とする積層型圧電体セラミック素子。

【請求項4】 前記 $\xi/e$ が、

$0.012 \leq \xi/e \leq 0.017$

であることを特徴とする請求項3に記載の積層型圧電体

セラミック素子。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電体セラ  
ミック素子、特に内部電極と圧電体セラミック層とを一  
体焼成することによって得る積層型圧電体セラミック素  
子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、アクチュエータやトランス等  
に用いられる圧電体には、チタン酸ジルコン酸鉛（以  
下、PZTとする）を主成分とする圧電体セラミックが  
広く知られており、その構造として、この圧電体セラミ  
ック内に内部電極を埋設して積層型圧電体セラミック素  
子とするものがある。

【0003】このようなPZTを主成分とする圧電体セラ  
ミックとしては、圧電特性改善のために、Pbの一部  
をCa、Sr、Baで置換したり、 $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$ - $Pb(Co_{1/2}W_{1/2})O_3$ 、 $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$ - $Pb(Mg_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ となるような3  
成分系の複合ペロブスカイト型酸化物がよく用いられて  
いる。また、PZTを主成分とする圧電体セラミックを  
積層するときに用いられる内部電極としては、Agまた  
はAg-Pd合金が用いられている。

【0004】一般的に上記積層型圧電体セラミック素子  
を作製するにあたっては、まず仮焼粉末からなる圧電体  
セラミック材料とバインダーとを混合し、得られたスラ  
リーをシート状に成形してグリーンシートとする。次  
に、このグリーンシート上に所望のパターンとなるよう  
に内部電極ペーストを印刷し、これらを圧着した後、グ  
リーンシートと内部電極ペーストとを一体焼成するとい  
う方法が採られている。

50 【0005】

(3)

特開2003-201174

3

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のように圧電体セラミック材料と内部電極とを一体焼成させて積層型圧電体セラミック素子を得ると、積層体の層数や1層あたりの厚さ等の積層構造の違いによって、特に機械的品質係数 $Q_m$ が変化するという問題があった。

【0006】本発明の目的は、積層体の層数や1層あたりの厚さ等といった積層構造に違いがあっても、機械的品質係数 $Q_m$ の変化を抑制できる積層型圧電体セラミック素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記のような目的に鑑みてなされたものである。本願第1の発明の積層型圧電体セラミック素子は、圧電体セラミック層と、内部電極層とが積層されてなる積層型圧電体セラミック素子であって、前記圧電体セラミック層が、 $ABO_3$ で表されるペロブスカイト型結晶構造を有し、かつAサイトに含有されるPb元素と、Bサイトに含有されるZr元素およびTi元素と、Bサイトに含有される3価元素としてのCr元素と、Aサイトの1価元素としてのNa、Kのうち少なくとも1種、Aサイトの2価元素としてのCa、Ba、Srのうち少なくとも1種、Aサイトの3価元素としてのLa、Nd、Biのうち少なくとも1種、Bサイトの4価元素としてのSn、Bサイトの5価元素としてのNb、Sb、Taのうち少なくとも1種、およびBサイトの6価元素としてのWから選ばれる少なくとも1種の元素とを含有する圧電体セラミックからなり、前記圧電体セラミックにおいて、Aサイトを2価、Bサイトを4価としたときの平衡状態に対する電荷のずれを

$$\xi = [ (A_2 - A_1) + \{ (2 \times B_4) + B_5 - B_6 \} ] \times e \quad (C)$$

ただし、Bサイト元素の総数を1としたとき、 $A_1$ ：前記Aサイトの1価元素の総モル比、 $A_2$ ：前記Aサイトの3価元素の総モル比、 $B_4$ ：前記Bサイトの4価元素の総モル比、 $B_5$ ：前記Bサイトの5価元素の総モル比、 $B_6$ ：前記Bサイトの6価元素の総モル比、 $e$ ：素電荷( $1.60 \times 10^{-19}$  (C))と定義したとき、 $\xi/e$ が、 $0.017 \leq \xi/e \leq 0.028$ であることを特徴とする。

【0008】上記のような組成にすることによって、積層構造に違いがあっても、機械的品質係数 $Q_m$ の変化率を35%以内に抑制できる。

【0009】また、本願第2の発明の積層型圧電体セラミック素子は、第1の発明の積層型圧電体セラミック素子における $\xi/e$ が、 $0.021 \leq \xi/e \leq 0.028$ であることを特徴とする。

【0010】上記のような組成にすることによって、積層構造に違いがあっても、機械的品質係数 $Q_m$ の変化率をさらに25%以内に抑制できる。

【0011】また、本願第3の発明の積層型圧電体セラ

4

ミック素子は、圧電体セラミック層と、内部電極層とが積層されてなる積層型圧電体セラミック素子であって、前記圧電体セラミック層が、 $ABO_3$ で表されるペロブスカイト型結晶構造を有し、かつAサイトに含有されるPb元素と、Bサイトに含有されるZr元素およびTi元素と、Bサイトに含有される2価元素としてのCo、Ni、Mgのうち少なくとも1種の元素と、Aサイトの1価元素としてのNa、Kのうち少なくとも1種、Aサイトの2価元素としてのCa、Ba、Srのうち少なくとも1種、Aサイトの3価元素としてのLa、Nd、Biのうち少なくとも1種、Bサイトの4価元素としてのSn、Bサイトの5価元素としてのNb、Sb、Taのうち少なくとも1種、およびBサイトの6価元素としてのW、から選ばれる少なくとも1種の元素とを含有する圧電体セラミックからなり、前記圧電体セラミックにおいて、Aサイトを2価、Bサイトを4価としたときの平衡状態に対する電荷のずれを

$$\xi = [ (A_2 - A_1) + \{ (2 \times B_4) + B_5 - (2 \times B_2) \} ] \times e \quad (C)$$

ただし、Bサイト元素の総数を1としたとき、 $A_1$ ：前記Aサイトの1価元素の総モル比、 $A_2$ ：前記Aサイトの3価元素の総モル比、 $B_2$ ：前記Bサイトの2価元素の総モル比、 $B_4$ ：前記Bサイトの4価元素の総モル比、 $B_5$ ：前記Bサイトの5価元素の総モル比、 $B_6$ ：前記Bサイトの6価元素の総モル比、 $e$ ：素電荷( $1.60 \times 10^{-19}$  (C))と定義したとき、 $\xi/e$ が、 $0.008 \leq \xi/e \leq 0.017$ であることを特徴とする。

【0012】上記のような組成にすることによって、積層構造に違いがあっても、機械的品質係数 $Q_m$ の変化率を35%以内に抑制できる。

【0013】また、本願第4の発明の積層型圧電体セラミック素子は、第3の発明の積層型圧電体セラミック素子における $\xi/e$ が、 $0.012 \leq \xi/e \leq 0.017$ であることを特徴とする。

【0014】上記のような組成にすることによって、積層構造に違いがあっても、機械的品質係数 $Q_m$ の変化率をさらに25%以内に抑制できる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の積層型圧電体セラミック素子について説明する。本発明の積層型圧電体セラミック素子は、圧電体セラミック層と、内部電極層と、外部電極とからなる。内部電極層は圧電体セラミック層に埋設されており、積層型圧電体セラミック素子の側面ないしは端面に引き出されている。なお、異なる極性に接続される内部電極をそれぞれ異なる面に引き出してもよいし、同一面上に引き出してもよい。後者の場合、外部電極は同一面上に2つ電気的に独立するように形成されることになる。外部電極は積層型圧電体セラミック素子の端面ないし側面に形成され、内部電極と電気的に接続されている。外部電極の形状および形成位置

(4)

特開2003-201174

5

5

は、その電子部品の実装形態に合わせて決定されればよく、特に限定されるものではない。

【0016】本発明の積層型圧電体セラミック素子における圧電体セラミック層を構成する圧電体セラミックは、 $PbTiO_3$ 、 $PbZrO_3$ を主成分としており、ペロブスカイト型結晶構造を有している。なお、A/Bは化学量論比である1に限定するものではなく、必要に応じて適宜変動させることができるが、0.97～1.03とすることが好ましい。また、このうちAサイトにあたるPbは、1価元素としてのNa、K、3価元素としてのLa、Nd、Biから選ばれる元素で置換してもよい。

【0017】また、BサイトにあたるZr、Tiは、2価元素としてのCo、Ni、Mgもしくは3価元素としてのCrの元素で置換されているほか、4価元素としてのSn、5価元素としてのNb、Sb、Ta、6価元素としてのWから選ばれる元素で置換してもよい。ただし、積層構造の違いによる機械的品質係数(Qm)の変化率を35%以下に抑えるために、3価元素としてのCrを含んで置換した場合は、Aサイトを2価、Bサイトを4価として考えたときの $x/e$ が0.017～0.028となるように、2価元素としてのCo、Ni、Mgを含んで置換した場合は、Aサイトを2価、Bサイトを4価として考えたときの $x/e$ が0.008～0.017となるように置換しなければならない。また、上記範囲にあって、Bサイトの5価元素としてSbを含まない場合は、上記機械的品質係数(Qm)の変化率が25%にまで抑えることができる。

【0018】さらに、前者において $x/e$ が0.021～0.028の範囲にある場合、後者において $x/e$ が0.012～0.017の範囲にある場合は、例えばBサイトの5価元素としてSbを含んでいたとしても、積層構造の違いによる機械的品質係数(Qm)の変化率が25%以下に抑えられ、さらに好ましい。なお、ここでいう電荷のずれとは、上記元素群の間における電荷のずれを指し、平衡状態とはこの電荷のずれが0の状態を指す。すなわち、上記元素群以外の元素が添加されていたとしても、上記元素群以外の元素は、本発明の効果に直接関係しないものである。電荷のずれに影響を及ぼす元素として考えないものとする。

【0019】また、圧電体セラミックには、一般的にMn、Fe等の元素が添加されたり、Si、Al、C等の不可避不純物が含まれたりするが、これらの元素は、電気機械結合係数等の圧電特性に悪影響を与えない程度に含有していても構わない。なお、ここでいう不可避不純物とは、一体焼成によって圧電体セラミック層に拡散した内部電極構成元素およびその含有量が圧電セラミック全体の200ppm未満の元素を指す。

【0020】本発明の積層型圧電体セラミック素子における内部電極層は、圧電体セラミック層間に埋設されて

おり、圧電体セラミックと一体的に焼結されてなる。また、その組成はAg、Pd、Pt、Ag-Pd合金、Ag-Pt合金等が挙げられる。なお、Agの融点は約960℃と低いので、セラミックの組成によってはセラミックの焼結温度の方が高くなってしまふ。したがって、より融点の高いAg-Pd合金を用いることが好ましい。

【0021】

【実施例】以下、本発明の積層型圧電体セラミック素子および積層型圧電体セラミック電子部品について、さらに具体的に説明する。

【実施例1】まず、出発原料として以下のものを準備した。

(1)  $PbO$ 、 $ZrO_2$ 、 $TiO_2$  (主成分)

(2)  $Na_2O$ 、 $K_2O$  (Aサイトに入る1価元素の化合物)

(3)  $CaCO_3$ 、 $BaCO_3$ 、 $SrCO_3$  (Aサイトに入る2価元素の化合物)

(4)  $La_2O_3$ 、 $Nd_2O_3$ 、 $Bi_2O_3$  (Aサイトに入る3価元素の化合物)

(5)  $Cr_2O_3$  (Bサイトに入る3価元素の化合物)

(6)  $SnO_2$  (Bサイトに入る4価元素の化合物)

(7)  $Nb_2O_5$ 、 $Sb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$  (Bサイトに入る5価元素の化合物)

(8)  $WO_3$  (Bサイトに入る6価元素の化合物)

これらを一般式(1)において、表1～4に示すように各出発原料を秤量し、圧電体材料とした。

$(Pb, \alpha) (Zr, Ti, \beta) O_3 \cdots (1)$

( $\alpha$ はAサイトに入るPb以外の元素、 $\beta$ はBサイトに入るZr、Ti以外の元素、

$x+y+z=1$ )

それぞれの圧電体材料について、純水を添加してボールミルにより湿式混合した後、脱水、乾燥させて混合粉末とした。

【0022】次に、得られた混合粉末を800～1000℃で仮焼し、仮焼粉末を得た。得られた仮焼粉末に、バインダー、分散剤、界面活性剤、消泡剤、および純水等を加えて混合し、スラリー状とした後、ドクターブレード法にてグリーンシートとした。

【0023】得られたグリーンシートに、内部電極用金属粉末としてAg: Pd=70:30のAg-Pd合金を含む内部電極ペーストを所望のパターンとなるようにスクリーン印刷したものを積み重ねて圧着し、積層体とした。なお、内部電極3層、内部電極間距離180 $\mu$ mとしたもの(積層体1)と、内部電極2層、電極間距離370 $\mu$ mとしたもの(積層体2)の2種類を作製した。次に、得られた積層体を1080～1200℃で焼成し、焼結体を得た。この焼結体の両主面を研磨し、電極を形成した後、60～150℃の飽和オイル中で分極処理を施した。その後、150～280℃の熱処理を加

(5)

特開2003-201174

7

8

え、底面が15mm×15mmの正方形となるようにカットして、積層型圧電体セラミック素子とした。なお、それぞれの試料における電荷のずれを以下の式によって算出し、 $\xi/e$ を表1、2に示した。

$$\xi = \{ (A_1 - A_2) + \{ (2 \times B_6) + B_5 - B_7 \} \} \times e \text{ (C)}$$

Bサイト元素の総数を1としたとき

$A_1$  : Aサイトの1個元素の総モル比

$A_2$  : Aサイトの3個元素の総モル比

$B_7$  : Bサイトの3個元素の総モル比

\*  $B_5$  : Bサイトの5個元素の総モル比

$B_6$  : Bサイトの6個元素の総モル比

$e$  : 素電荷 ( $1.60 \times 10^{-19}$  (C))

上記のようにして得られた積層型圧電体セラミック素子の機械的品質係数 $Q_m$ をインピーダンスアナライザによって測定し、積層体1および積層体2の機械的品質係数 $Q_m$ を比べ、変化率(%)を算出した。なお、機械的品質係数 $Q_m$ の変化率は以下の式に基づき算出した。

【0024】

\*10 【式1】

$$Q_m \text{ 変化率} = \left| \frac{(\text{積層体1の} Q_m) - (\text{積層体2の} Q_m)}{(\text{積層体2の} Q_m)} \times 100 \right| (\%)$$

【0025】その結果を表3、4に示す。

【表1】

【0026】

試料番号	Aサイト										Bサイト										Σ/e
	1価		2価		3価						総量 ( $\times 10^{-2}$ mol)	Zr x ( $\times 10^{-2}$ mol)	Ti y ( $\times 10^{-3}$ mol)	z						6価	
	w ( $\times 10^{-2}$ mol)													( $\times 10^{-2}$ mol)							
	Pb v ( $\times 10^{-2}$ )	Na	K	Ca	Ba	Sr	La	Nd	Bi	Co				Ni	Mg	Cr	Sn	Nb	Sb		
※1	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.08	-	3.33	-	-	-	0.013		
※2	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.67	-	3.33	-	-	-	0.017		
3	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	3.33	-	-	-	0.021		
4	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.54	-	3.33	-	-	-	0.028		
※5	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.54	-	3.75	-	-	-	0.032		
※6	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.08	-	0.83	0.83	0.83	0.42	0.013		
※7	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.67	-	0.83	0.83	0.83	0.42	0.017		
8	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	0.83	0.83	0.83	0.42	0.021		
9	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.54	-	0.83	0.83	0.83	0.42	0.028		
※10	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.67	-	0.97	0.97	0.97	0.42	0.032		
11	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	1.25	1.25	-	0.42	0.021		
12	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	1.25	1.25	0.42	0.021	0.021		
13	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	1.11	1.11	-	-	0.021		
14	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	1.67	1.67	-	-	0.021		
15	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	1.67	-	1.67	-	0.021		
16	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	1.67	-	-	0.83	0.021		
17	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	1.67	-	-	0.021	0.021		
18	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	-	1.67	1.67	-	0.021		
19	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.08	-	3.33	-	-	0.83	0.021		
※20	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.08	-	-	1.67	-	-	0.013		
※21	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.67	-	-	3.93	-	-	0.017		
22	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	-	3.33	-	-	0.021		
23	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.83	-	-	3.33	-	-	0.025		
24	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.54	-	-	3.33	-	-	0.028		
※25	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	-	-	3.75	-	-	0.032		

※印は本発明の範囲外  
\*印は請求項3の範囲外

【0027】

【表2】



(7)

特開2003-201174

11

12

試料 番号	Aサレ										Bサレ										ζ/e																				
	1面					2面					3面					4面						5面					6面														
	Pb v ( $\times 10^{-2}$ mol)										総量 ( $\times 10^{-2}$ mol)											Zr x ( $\times 10^{-2}$ mol)										Ti y ( $\times 10^{-3}$ mol)									
	Na	K	Ca	Ba	Sc	La	Nd	Bi	(x 10 <sup>-2</sup> mol)										Co	Ni		Mg	Cr	Sn	Nb	Sb	Ta	W													
26	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.4	49.0	—	—	—	1.25	—	—	—	—	3.33	—	0.021																		
27	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	48.1	49.0	—	—	—	1.25	—	—	—	—	—	1.67	0.021																		
28	98.0	0.40	0.40	—	—	—	—	0.40	0.40	100.0	47.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	—																		
29	98.0	0.40	0.40	—	—	—	—	0.40	0.40	100.0	43.1	49.0	—	—	—	0.54	—	—	3.33	—	—	—	0.032																		
30	98.0	—	0.80	—	—	—	—	0.40	0.40	100.0	46.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	5.33	—	—	—	0.021																		
31	98.0	0.40	0.40	—	—	—	—	1.20	—	100.0	46.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
32	99.0	—	—	—	—	—	—	0.33	0.33	100.0	48.4	49.0	—	—	—	1.67	—	—	2.92	—	—	—	0.023																		
33	98.0	0.80	—	—	—	—	—	1.20	—	100.0	46.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
34	98.0	—	0.80	—	—	—	—	1.20	—	100.0	46.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
35	99.5	0.50	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.8	49.0	—	—	—	0.83	—	—	3.33	—	—	—	0.020																		
36	99.5	—	0.50	—	—	—	—	—	—	100.0	46.8	49.0	—	—	—	0.83	—	—	3.33	—	—	—	0.020																		
37	99.5	—	—	—	—	—	—	0.50	—	100.0	46.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	0.022																		
38	99.5	—	—	—	—	—	—	—	0.50	100.0	46.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	0.022																		
39	99.5	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.0	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	0.022																		
40	98.0	—	—	0.87	0.67	—	—	—	0.50	100.0	46.4	49.0	—	—	—	1.67	—	—	3.33	—	—	—	0.022																		
41	99.0	—	—	1.00	—	—	—	—	—	100.0	46.4	49.0	—	—	—	1.25	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
42	99.0	—	—	—	1.00	—	—	—	—	100.0	46.4	49.0	—	—	—	1.25	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
43	99.0	—	—	—	—	1.00	—	—	—	100.0	46.4	49.0	—	—	—	1.25	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
44	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	44.4	49.0	—	—	—	1.25	2.00	3.33	—	—	—	—	0.021																		
45	98.0	—	—	—	—	—	—	—	—	98.0	46.4	49.0	—	—	—	1.25	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
46	102.0	—	—	—	—	—	—	—	—	102.0	46.4	49.0	—	—	—	1.25	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
47	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	48.4	47.0	—	—	—	1.25	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		
48	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	44.4	51.0	—	—	—	1.25	—	—	3.33	—	—	—	0.021																		

※印は本表外の範囲外

※印は本発明の範囲外

[0028]

[表3]

13

試料 番号	焼成 温度 (°C)	特性		
		積層体1の Q <sub>m</sub> (%)	積層体2の Q <sub>m</sub> (%)	Q <sub>m</sub> 変化率 (%)
*1	1100	216	156	38
*2	1100	170	143	20
3	1120	129	115	12
4	1140	96	90	7
*5	1200	—	—	測定不能
*6	1080	270	186	45
*7	1080	216	164	32
8	1100	176	142	24
9	1140	127	119	12
*10	1200	—	—	測定不能
11	1100	146	123	18
12	1100	172	154	22
13	1100	200	164	22
14	1140	143	123	16
15	1140	174	144	21
16	1140	175	156	12
17	1200	146	124	18
18	1140	181	147	23
19	1100	202	163	24
*20	1100	258	180	49
*21	1120	215	163	32
22	1140	175	142	23
23	1140	139	118	18
24	1180	96	86	12
*25	1200	—	—	測定不能

※印は本発明の範囲外  
\*印は請求項3の範囲外

【0029】

【表4】

試料 番号	焼成 温度 (°C)	特性		
		積層体1の Q <sub>m</sub> (%)	積層体2の Q <sub>m</sub> (%)	Q <sub>m</sub> 変化率 (%)
26	1120	179	156	16
27	1100	224	190	18
28	1100	209	187	12
*29	1200	—	—	測定不能
30	1100	170	156	13
31	1120	169	169	12
32	1080	155	134	18
33	1100	171	147	16
34	1100	154	143	15
35	1100	188	168	12
36	1120	169	172	16
37	1120	151	138	11
38	1120	152	133	14
39	1100	139	124	13
40	1140	162	145	12
41	1120	182	168	15
42	1120	177	157	13
43	1120	187	164	14
44	1100	170	152	12
45	1140	164	144	14
46	1100	189	163	16
47	1120	164	145	13
48	1120	202	180	12

※印は本発明の範囲外

【0030】表1～4に示すように、上記元素を用いて作製した積層型圧電体セラミック素子は、その組み合わせや組成比に関係なく、 $\xi/e$ が0.017～0.028の範囲にあるものは、2種類の積層体間における機械的品質係数Q<sub>m</sub>の変化率が35%以内であることがわかる。

【0031】また、 $\xi/e$ が0.021～0.028の範囲にあるものは、さらに上記機械的品質係数Q<sub>m</sub>の変化率が25%以下を満足していることがわかる。

(8)

特開2003-201174

14

【0032】一方、試料番号1、6、20のように、 $\xi/e$ が0.017より小さい場合、すなわち平衡状態に対する電荷のずれが小さすぎる場合は、2種類の積層体間における機械的品質係数Q<sub>m</sub>の変化率が35%より大きくなるため好ましくない。また、試料番号5、10、25のように、 $\xi/e$ が0.028より大きい場合、すなわち平衡状態に対する電荷のずれが大きすぎる場合は、圧電体セラミック自体が焼結しにくくなるため好ましくない。

- 10 【0033】また、本発明の範囲内であるものの、 $\xi/e$ が0.021～0.028の範囲から外れている試料番号2、7、21については、Sbを含んでいない試料番号2を除き、2種類の積層体間における機械的品質係数Q<sub>m</sub>の変化率が25%より大きくなっている。

(実施例2) まず、出発原料として以下のものを準備した。

- (1) PbO, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> (主成分)  
(2) Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O (Aサイトに入る1価元素の化合物)  
20 (3) CaCO<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub> (Aサイトに入る2価元素の化合物)  
(4) La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Aサイトに入る3価元素の化合物)  
(5) CoCO<sub>3</sub>, NiO, Mg(OH)<sub>2</sub> (Bサイトに入る2価元素の化合物)  
(6) SnO<sub>2</sub> (Bサイトに入る4価元素の化合物)  
(7) Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Bサイトに入る5価元素の化合物)  
(8) W<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Bサイトに入る6価元素の化合物)

- 30 以下、実施例1と同様にして、2種類の積層型圧電体セラミック素子を得た。なお、それぞれの試料における電荷のずれを以下の式を用いて算出し、 $\xi/e$ を表5、6に示した。

$$\xi = [(A_1 - A_2) + \{(2 \times B_2) + B_3 - (2 \times B_4)\}] \times e \text{ (C)}$$

Bサイト元素の総数を1としたとき

A<sub>1</sub>: Aサイトの1価元素の総モル比

A<sub>2</sub>: Aサイトの3価元素の総モル比

B<sub>2</sub>: Bサイトの2価元素の総モル比

B<sub>3</sub>: Bサイトの5価元素の総モル比

B<sub>4</sub>: Bサイトの6価元素の総モル比

e: 素電荷 (1.60×10<sup>-19</sup> (C))

次に、得られた積層型圧電体セラミック素子の機械的品質係数Q<sub>m</sub>および機械的品質係数Q<sub>m</sub>の変化率を実施例1と同様に測定、算出した。その結果を表7、8に示す。

【0034】

【表5】

(9)

特開2003-201174

15

16

試料 番号	Aサイト										Bサイト										Σ/e																				
	1価					2価					3価					4価						5価					6価														
	w										z											x										y									
	(×10 <sup>-2</sup> mol)										(×10 <sup>-2</sup> mol)											(×10 <sup>-2</sup> mol)										(×10 <sup>-2</sup> mol)									
Pb v (mol)	Na	K	Ca	Ba	Sr	La	Nd	Bi		総量 (mol)	Zr x (mol)	Y y (mol)	Ti z (mol)	Co	Ni	Mg	Cr	Sn	Nb	Sb	Ta	W																			
※49	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.0	49.0	1.67	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	—	0.000																	
*50	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.4	49.0	1.25	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	—	0.008																	
51	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.6	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	—	0.013																	
52	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.8	49.0	0.83	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	—	0.017																	
※53	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.0	49.0	0.63	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	—	0.021																	
※54	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.4	49.0	1.67	—	—	—	—	—	—	0.83	0.83	0.83	0.42	0.000																	
*55	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.8	49.0	1.25	—	—	—	—	—	—	0.83	0.83	0.83	0.42	0.008																	
56	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.0	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	0.83	0.83	0.83	0.42	0.013																	
57	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.2	49.0	0.83	—	—	—	—	—	—	0.83	0.83	0.83	0.42	0.017																	
※58	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.5	49.0	0.63	—	—	—	—	—	—	0.83	0.83	0.83	0.42	0.021																	
59	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.0	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	1.25	1.25	—	—	0.013																	
60	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.0	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	1.25	1.25	0.42	0.013																		
61	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.0	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	1.11	1.11	1.11	—	0.013																	
62	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.6	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	1.67	1.67	—	—	0.013																	
63	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.8	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	1.67	—	1.67	—	0.013																	
64	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.6	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	1.67	—	—	0.83	0.013																	
65	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.5	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	—	—	1.67	1.67	0.013																	
66	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.6	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	—	1.67	1.67	—	0.013																	
67	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.5	49.0	1.04	—	—	—	—	—	—	—	1.67	—	—	0.013																	
※68	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.0	49.0	1.67	—	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	0.000																	
*69	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.4	49.0	1.25	—	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	0.008																	
70	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.6	49.0	1.05	—	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	0.012																	
71	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.8	49.0	0.92	—	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	0.015																	
72	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	46.8	49.0	0.83	—	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	0.017																	
※73	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	47.0	49.0	0.63	—	—	—	—	—	—	—	3.33	—	—	0.021																	

※印は本発明の範囲外  
\*印は請求項4の範囲外

※印は本発明の範囲外  
\*印は請求項4の範囲外

[0035]

[表6]

(10)

特開2003-201174

17

18

試料 番号	Aサイト										Bサイト										$\zeta/\phi$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	1価					2価					3価					2価						3価					4価					5価					6価																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	$\text{Pb}$ $v$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Zr}$ $x$ ( $\times 10^{-2}$ mol)											$\text{Ti}$ $y$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Co}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Ni}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Mg}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Cr}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Sn}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Nb}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Sb}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{Ta}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)										$\text{W}$ $z$ ( $\times 10^{-2}$ mol)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	Na	K	Ca	Ba	Sr	La	Nd	Bi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

※同は本発明の範囲外

[0036]  
[表7]

(11)

特開2003-201174

19

試料 番号	焼成 温度 (°C)	特 性		
		積層体1の Qm (%)	積層体2の Qm (%)	Qm 変化率 (%)
※49	1100	508	368	38
*50	1120	234	185	20
51	1140	161	145	11
52	1160	130	123	6
※53	1180	—	—	焼結済
※54	1080	583	402	45
*55	1100	283	213	33
56	1120	169	136	24
57	1140	128	114	12
※58	1180	—	—	焼結済
59	1120	190	159	20
60	1120	164	144	14
61	1120	183	165	11
62	1140	141	125	13
63	1140	168	142	16
64	1140	178	152	12
65	1120	171	147	16
66	1140	147	129	14
67	1120	168	139	19
※68	1100	431	457	38
*69	1100	382	301	28
70	1100	268	225	19
71	1120	184	135	14
72	1140	120	110	9
※73	1180	—	—	焼結済

※印は本発明の範囲外  
\*印は請求項4の範囲外

【0037】

【表8】

試料 番号	焼成 温度 (°C)	特 性		
		積層体1の Qm (%)	積層体2の Qm (%)	Qm 変化率 (%)
74	1120	159	133	16
75	1100	171	154	15
76	1100	300	254	18
77	1120	138	113	20
78	1140	239	187	11
79	1140	231	196	18
※80	1180	—	—	焼結済
81	1100	190	165	15
82	1120	216	185	17
83	1100	146	123	19
84	1120	177	154	15
85	1120	170	145	17
86	1120	188	166	13
87	1120	237	215	10
88	1120	209	186	12
89	1120	228	193	18
90	1100	239	203	17
91	1140	182	168	15
92	1120	189	163	13
93	1120	188	167	14
94	1120	184	141	14
95	1120	175	166	12
96	1120	168	143	18
97	1100	185	158	17
98	1140	141	126	12
99	1140	213	187	14

※印は本発明の範囲外

【0038】表5～8に示すように、上記元素を用いて作製した積層型圧電体セラミック素子は、その組み合わせや組成比に関係なく、 $\delta/e$ が0.008～0.01

20

7の範囲にあるものは、2種類の積層体間における機械的品質係数 $Q_m$ の変化率が3.5%以内であることがわかる。

【0039】また、 $\delta/e$ が0.012～0.017の範囲にあるものは、さらに機械的品質係数 $Q_m$ の変化率が2.5%以下を満足していることがわかる。

【0040】一方、試料番号49、54、68のように、 $\delta/e$ が0.012より小さい場合、すなわち平衡状態に対する電荷のずれが小さすぎる場合は、2種類の積層体間における機械的品質係数 $Q_m$ の変化率が3.5%より大きくなるため好ましくない。また、試料番号53、58、73、80のように、 $\delta/e$ が0.017より大きい場合、すなわち平衡状態に対する電荷のずれが大きすぎる場合は、圧電体セラミック自体が焼結しにくくなるため好ましくない。

【0041】また、本発明の範囲内であるものの、請求項4の範囲から外れている試料番号50、55、69については、 $S_b$ を含んでいない試料番号50を除き、2種類の積層体間における機械的品質係数 $Q_m$ の変化率が2.5%より大きくなっている。

【0042】

【発明の効果】本発明の積層型圧電体セラミック素子は、圧電体セラミック層を構成する圧電体セラミックにCr元素を含有し、圧電体セラミック層が有している電荷のずれを $\delta$ としたとき、 $\delta/e$ を平衡状態から0.017～0.028分ドナー側にずらした組成となっているため、積層構造の違いによる機械的品質係数 $Q_m$ の変化率を3.5%以下にできる。

【0043】また、上記 $\delta/e$ を平衡状態から0.021～0.028分ドナー側にずらした組成とすることで、積層構造の違いによる機械的品質係数 $Q_m$ の変化率を2.5%以下にできる。

【0044】また、本発明の積層型圧電体セラミック素子は、圧電体セラミック層を構成する圧電体セラミックにCo、NiまたはMgのうち少なくとも1種の元素を含有し、圧電体セラミック層が有している電荷のずれを $\delta$ としたとき、 $\delta/e$ が平衡状態から0.008～0.017分ドナー側にずらした組成となっているため、積層構造の違いによる機械的品質係数 $Q_m$ の変化率を3.5%以下にできる。

【0045】また、上記 $\delta/e$ を平衡状態から0.012～0.017分ドナー側にずらした組成とすることで、積層構造の違いによる機械的品質係数 $Q_m$ の変化率を2.5%以下にできる。

(12)

特開2003-201174

フロントページの続き

(72)発明者 木村 雅典  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

Fターム(参考) 4G031 AA01 AA03 AA04 AA05 AA06  
AA07 AA09 AA11 AA12 AA14  
AA15 AA16 AA18 AA22 AA23  
AA31 AA32 AA34 AA35 BA10  
CA08 GA01 GA04 GA06 GA11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**